

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

18.10.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 8月 8日

REC'D 09 DEC 2004

出願番号
Application Number: 特願 2003-290862

WIPO PCT

[ST. 10/C]: [JP 2003-290862]

出願人
Applicant(s): 株式会社光波

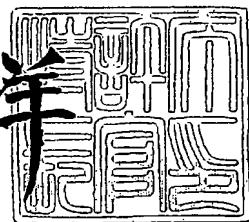
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川

洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 PKH03269
【提出日】 平成15年 8月 8日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C01G 15/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部物質開発工学科内
【氏名】 一ノ瀬 昇
【発明者】
【住所又は居所】 東京都新宿区西早稲田 2-8-26 早稲田大学各務記念材料技術研究所内
【氏名】 島村 清史
【発明者】
【住所又は居所】 東京都練馬区向山2丁目6番8号 株式会社光波内
【氏名】 ガルシア ビジョラ エンカルナシオン アントニア
【発明者】
【住所又は居所】 東京都練馬区向山2丁目6番8号 株式会社光波内
【氏名】 青木 和夫
【特許出願人】
【識別番号】 000153236
【氏名又は名称】 株式会社光波
【代理人】
【識別番号】 100071526
【弁理士】
【氏名又は名称】 平田 忠雄
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 038070
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9504127

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

Ga₂O₃系半導体からなる第1の層と、

前記第1の層の酸素原子の一部あるいは全部を窒素原子に置換することにより得られる第2の層により構成されたことを特徴とする半導体層。

【請求項2】

前記第2の層は、GaN系化合物半導体からなることを特徴とする請求項1記載の半導体層。

【請求項3】

前記第1の層は、Ga₂O₃系単結晶基板であることを特徴とする請求項1記載の半導体層。

【請求項4】

前記第1の層は、主成分として、Ga₂O₃、(In_xGa_{1-x})₂O₃、(Al_xGa_{1-x})₂O₃又は(In_xAl_yGa_{1-x-y})₂O₃等からなることを特徴とする請求項1記載の半導体層。

【請求項5】

前記第2の層は、主成分として、GaN、In_zGa_{1-z}N、Al_zGa_{1-z}N又はIn_zAl_pGa_{1-z-p}N等からなることを特徴とする請求項2記載の半導体層。

【請求項6】

Ga₂O₃系半導体からなる第1の層と、

前記第1の層の酸素原子の一部あるいは全部を窒素原子に置換することにより得られるGaN系化合物半導体からなる第2の層と、

前記第2の層上に形成されたGaN系エピタキシャル層からなる第3の層により構成されたことを特徴とする半導体層。

【請求項7】

Ga₂O₃系半導体からなる第1の層と、

前記第1の層上に形成されたGaN系化合物半導体からなる第2の層により構成されたことを特徴とする半導体層。

【請求項8】

Ga₂O₃系半導体からなる第1の層と、

前記第1の層上に形成されたGaN系化合物半導体からなる第2の層と、

前記第2の層上に形成されたGaN系エピタキシャル層からなる第3の層により構成されたことを特徴とする半導体層。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体層

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体層に関し、特に、結晶品質の高いGaN系エピタキシャル層を得ることができる半導体層に関する。

【背景技術】

【0002】

図3は、従来の半導体層を示す。この半導体層は、Al₂O₃からなるAl₂O₃基板11と、Al₂O₃基板11の表面に形成されたAlN層12と、AlN層12の上にMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法によりエピタキシャル成長して形成されたGaN成長層13とを備える(例えば、特許文献1参照。)。

【0003】

この半導体層によれば、Al₂O₃基板11とGaN成長層13との間にAlN層12を形成することにより、格子定数の不一致を低減して結晶不良を減らすことができる。

【特許文献1】特公昭52-36117号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来の半導体層によると、AlN層12とGaN成長層13との格子定数を完全に一致させることができず、GaN成長層13の結晶品質をさらに向上することは難しい。また、発光素子に適用した場合は、発光層の結晶性が劣化し、発光効率が減少する。

【0005】

従って、本発明の目的は、結晶品質の高いGaN系エピタキシャル層を得ることができる半導体層を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記目的を達成するため、GaN系半導体からなる第1の層と、前記第1の層の酸素原子の一部あるいは全部を窒素原子に置換することにより得られる第2の層により構成されたことを特徴とする半導体層を提供する。

【発明の効果】

【0007】

本発明の半導体層によれば、GaN系半導体からなる第1の層上に第1の層の酸素原子の一部あるいは全部を窒素原子に置換することにより得られる第2の層を形成することにより、緩衝層を介在させることなく結晶性の高いGaN系化合物半導体からなる第2の層が得られるので、第2の層上にGaN系エピタキシャル層を形成した場合に、第2の層とGaN系エピタキシャル層の格子定数を一致、あるいは極めて近似させることが可能となり、結晶品質の高いGaN系エピタキシャル層が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の実施の形態に係る半導体層を説明する。この実施の形態は、GaN系半導体からなる第1の層と、第1の層の表面に窒化処理等を施して第1の層上に第1の層の酸素原子の一部あるいは全部を窒素原子に置換することにより得られるGaN系化合物半導体からなる第2の層と、第2の層上にGaN系エピタキシャル層からなる第3の層とから構成される。ここで、「GaN系半導体」には、GaN、(In_xGa_{1-x})₂O₃、(Al_{1-x}Ga_{1-x})₂O₃、(In_xAl_yGa_{1-x-y})₂O₃等からなるものが含まれ、これらに対し原子置換あるいは原子欠陥によってn型導電性あるいはp型導電性を示すものも含まれる。また、「GaN系化合物半導体」および「GaN系エピタキシャル層」には、GaN、In_zGa_{1-z}N、Al_zGa_{1-z}N又はIn_zAl_{1-p}Ga_{1-z-p}N等からなるものが含まれ、これらに対し原子置換あるいは原子欠陥によってn型導電性あるいはp型導電性を示す

ものも含まれる。

【0009】

例えば、第1例として Ga_2O_3 からなる第1の層と、 GaN からなる第2の層と、 GaN からなる第3の層のように、第2の層と第3の層を同じ化合物半導体により構成することができる。また、第2例として Ga_2O_3 からなる第1の層と、 GaN からなる第2の層と、 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ からなる第3の層のように、第2の層と第3の層を異なる化合物半導体により構成することもできる。また、第3例として $(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ からなる第1の層と、 $\text{In}_z\text{Al}_{1-p}\text{Ga}_{1-z-p}\text{N}$ からなる第2の層と、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ からなる第3の層のように、第2の層と第3の層を異なる化合物半導体により構成し、第1の層と第2の層を第1例および第2例と異なる組み合わせにすることもできる。

【0010】

この実施の形態によれば、第2の層と第3の層の格子定数を一致、あるいは極めて近似させることができるので、結晶品質の高い GaN 系エピタキシャル層が得られる。

【実施例1】

【0011】

図1は、本発明の実施例1に係る半導体層を示す。この実施例1の半導体層は、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶からなる第1の層としての $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1と、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1の表面に窒化処理を施して形成された厚さ約2nmの第2の層としての GaN 層2と、 GaN 層2上に例えばMOCVD法によりエピタキシャル成長して形成された第3の層としての GaN 成長層3とを備える。この窒化処理において、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1の酸素原子が窒素原子によって置換されることにより、 GaN 層2が形成される。

【0012】

図2は、半導体層の製造工程を示す。まず、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1をFZ（フローティングゾーン）法により作製する（工程イ）。最初に、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 種結晶と $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 多結晶素材を準備する。

【0013】

$\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 種結晶は、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶から劈開面の利用等により切り出した断面正方形の角柱状を有し、その軸方向は、a軸<100>方位、b軸<010>方位、あるいはc軸<001>方位にある。

【0014】

$\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 多結晶素材は、例えば、純度4Nの Ga_2O_3 の粉末をゴム管に充填し、それを500MPaで冷間圧縮し、1500°Cで10時間焼結することにより得られる。

【0015】

次に、石英管中において、全圧が1～2気圧の窒素と酸素の混合気体（100%窒素から100%酸素の間で変化）の雰囲気の下、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 種結晶と $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 多結晶との先端を互いに接触させ、その接触部分を加熱溶融させ、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 多結晶の溶解物を冷却することにより、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶が生成される。 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶は、b軸<010>方位に結晶成長させた場合は、(100)面の劈開性が強くなるので、(100)面に平行な面と垂直な面で切断して $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1を作製する。なお、a軸<100>方位あるいはc軸<001>方位に結晶成長させた場合は、(100)面および(010)面の劈開性が弱くなるので、全ての面の加工性が良くなり、上記のような切断面の制限はない。

【0016】

次に、60°Cの硝酸水溶液中でボイリングすることにより $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1をエッチングし（工程ロ）、この $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1をエタノールに浸して超音波洗浄し（工程ハ）、さらに水に浸して超音波洗浄した後（工程ニ）、乾燥し（工程ホ）、MOCVD装置の成長炉内で1000°Cで真空洗浄し（工程ヘ）、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1の表面を清浄化させる。

【0017】

次に、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 基板1の表面に窒化処理を施す（工程ト）。すなわち、MOCVD

装置の成長炉内で β -Ga₂O₃基板1を所定の雰囲気中で、所定の時間加熱する。雰囲気（気圧含む）、加熱温度、加熱時間を適宜選択することにより、 β -Ga₂O₃基板1の表面に所望のGaN層2が得られる。例えば、 β -Ga₂O₃基板1を300 torrのNH₃雰囲気中で1050°C、5分加熱することにより、 β -Ga₂O₃基板1の表面に厚さが2 nm程度の薄いGaN層2が形成される。

【0018】

次に、MOCVD法によりGaNを成長させてGaN成長層3を得る（工程チ）。すなわち、MOCVD装置の成長炉内を100 torrまで減圧し、成長炉内にN供給原料としてアンモニアガスとGaN供給原料としてトリメチルガリウム（TMG）を供給すると、GaN層2の上に、例えば、厚み100 nm程度のGaN成長層3が成長する。GaN成長層3の厚さは、供給原料の濃度、加熱温度等を調整することにより制御することができる。

【0019】

実施例1において、TMGとともにトリメチルアルミニウム（TMA）を供給すると、第2の層としてGaN層2に代えてAlGaN層を形成することができる。また、TMGとともにトリメチルインジウム（TMI）を供給すると、第2の層としてGaN層2に代えてInGaN層を形成することができる。

【0020】

この実施例1によれば、以下の効果が得られる。

(イ) 結晶性の高い β -Ga₂O₃基板1が得られるので、その上に形成したGaN層2も貫通転位密度が低く、結晶性の高いGaN層2が得られる。さらに、このGaN層2とGaN成長層3とは格子定数が一致し、しかもGaN成長層3はGaN層2の高い結晶性を引き継いで成長するため、貫通転位が少なく、結晶性の高いGaN成長層3が得られる。

(ロ) n型のGaN成長層とp型のGaN成長層とを接合すれば、pn接合の発光ダイオード、半導体レーザ等の発光素子を作製することができる。

(ハ) 本発明を発光素子に適用した場合、結晶性の高い発光層が得られるので、発光効率が高くなる。

(ニ) β -Ga₂O₃基板1は、導電性を有するので、発光素子を作製した場合、層構造の上下方向から電極を取り出す垂直型の構造を採用することができ、層構成、製造工程の簡素化を図ることができる。

(ホ) β -Ga₂O₃基板1は、透光性を有するので、基板側からも光を取り出すことができる。

(ヘ) MOCVD装置の成長炉内で上記真空洗浄（工程ヘ）、窒化処理（工程ト）、GaNエピタキシャル成長（工程チ）を連続して行えるため、半導体層を効率的に生産することができる。

【0021】

なお、GaN成長層3の代わりに、InGaN、AlGaNあるいはInGaAlNを成長させてもよい。InGaNおよびAlGaNの場合は、GaN層2との格子定数をほぼ一致させることができ、InAlGaNの場合は、GaN層2との格子定数を一致させることができ可能である。

【0022】

例えば、薄膜のGaN層2の上にSiドープGaN層を形成し、その上にノンドープInGaN層を形成し、その上にMgドープGaN層あるいはAlGaN層を形成すると、ダブルヘテロ型発光素子が得られる。このとき、ノンドープInGaN層をIn組成比の異なる井戸層と障壁層を交互に積層すると、MQW（多重量子井戸層）を有したレーザダイオード素子が得られる。

【0023】

一方、図1において、GaN成長層3を所定の厚みにしてその後、GaN層2及び基板1を削除すると、GaN基板が得られる。同様にして、GaN成長層3に代えて、InGaN層、AlGaN層あるいはInGaAlN層を形成することにより、それぞれの基板

を得ることができる。

【0024】

また、 β -GaN基板1の成長法として、FZ法について説明したが、EFG(Edge-defined Film-fed Growth method)法等の他の成長法でもよい。また、GaN系エピタキシャル層の成長法としてMOCVD法について説明したが、PLD(Pulsed Laser Deposition)法等の他の成長法でもよい。

【0025】

また、本発明の半導体層は、発光素子に限らず、様々な種類の半導体部品に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施例1に係る半導体層の断面図である。

【図2】本発明の実施例1に係る半導体層の製造工程を示す図である。

【図3】従来の半導体層の断面図である。

【符号の説明】

【0027】

1 β -GaN基板

2 GaN層

3 GaN成長層

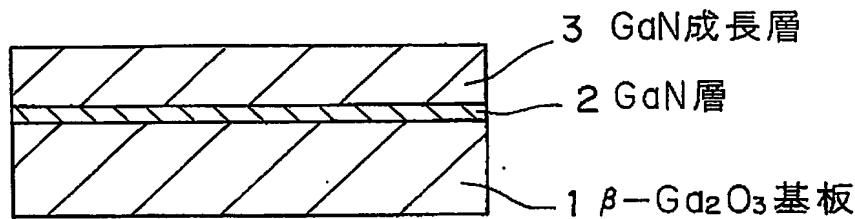
11 Al₂O₃基板

12 AlN層

13 GaN成長層

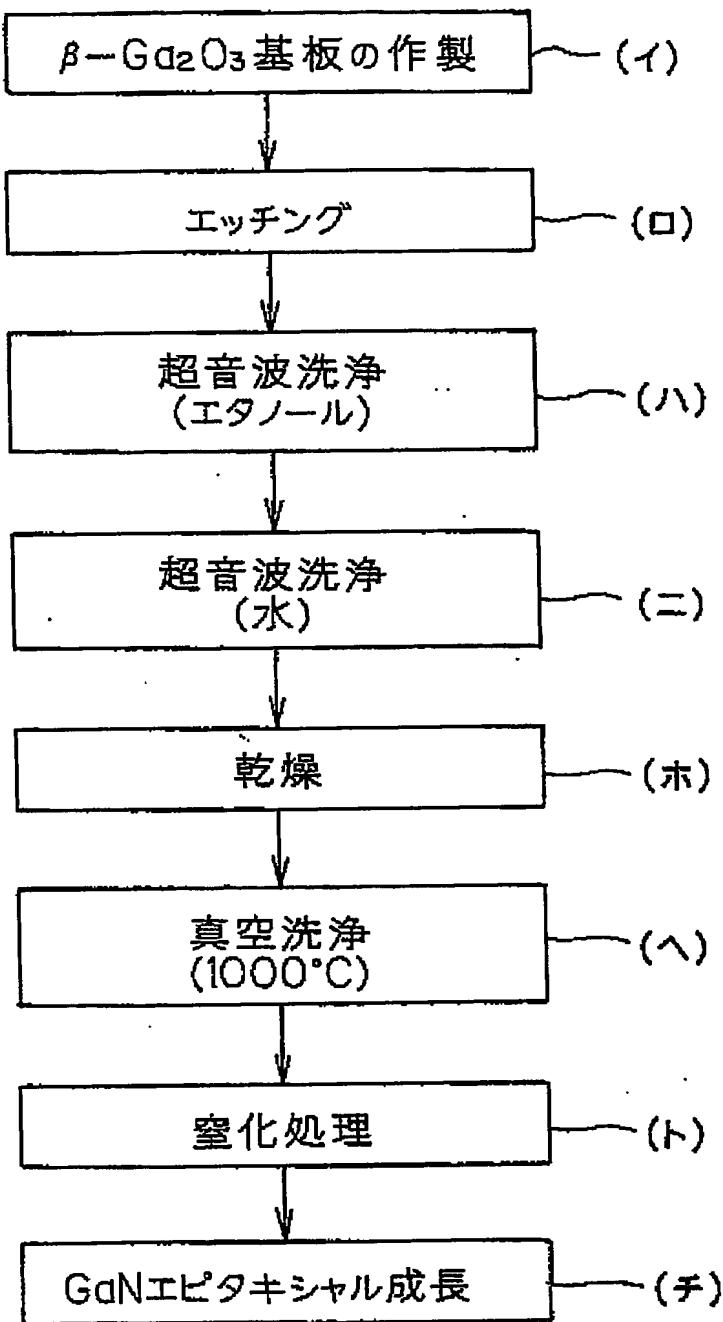
【書類名】 図面
【図1】

【図1】



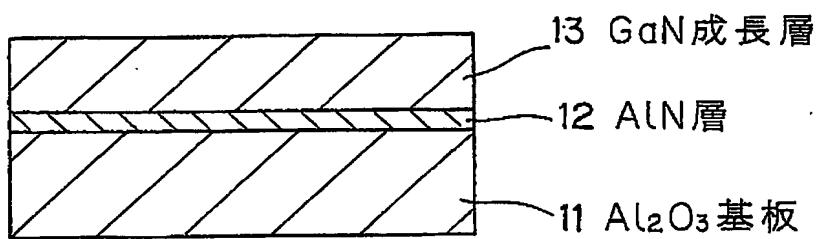
【図2】

【図2】



【図3】

【図3】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 結晶品質の高いGaN系エピタキシャル層を得ることができる半導体層を提供する。

【解決手段】 この半導体層は、 β -Ga₂O₃単結晶からなる β -Ga₂O₃基板1と、 β -Ga₂O₃基板1の表面に窒化処理を施して形成されたGaN層2と、GaN層2にMOCVD法によりエピタキシャル成長して形成されたGaN成長層3とを備える。GaN層2とGaN成長層3の格子定数が一致し、GaN成長層3はGaN層2の高い結晶性を引き継いで成長するため、結晶性の高いGaN成長層3が得られる。

【選択図】 図1

特願 2003-290862

出願人履歴情報

識別番号 [000153236]

1. 変更年月日 2003年 3月27日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都練馬区向山2丁目6番8号

氏 名 株式会社光波